

2. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019610011, 09.01.2019. Расчет и моделирование трехмерных электромеханических систем // И.А. Кремлев, С.В. Леонов, А.А. Сидорова Заявка № 2018664485 от 18.12.2018.
3. Муравлев О.П., Леонов С.В., Фокин В.В. Расчёт статических характеристик низкоскоростного синхронного двигателя с концентрацией магнитного потока // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2009. – № 6. – С. 32–35.

## КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ДОПЛЕРОВСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ

Инь Юйкай, Л.А. Редько, И.А. Ботыгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: yuykay1@tpu.ru

## DESIGN OF A LASER DOPPLER SPEED METER

Yin Yuikai, L.A. Redko, I.A. Botygin

National Research Tomsk Polytechnic University

**Annotation.** An overview of methods for measuring the length and speed of cable products has been made. The calculations required to determine the design logic of a laser Doppler speed meter have been performed. The Doppler frequency and lens parameters were determined based on the best samples on the market.

В настоящее время лазерные доплеровские измерители скорости (ЛДИС) широко используются в промышленной сфере. Современные ЛДИС представляют собой сложные оптико-электронные измерительные комплексы и системы, сочетающие в себе передовые технические решения [1–3]. Представленные на рынке приборы имеют высокую стоимость, поэтому разработка более конкурентоспособных образцов приборов является актуальной задачей. В настоящей работе проведено исследование теоретических и практических аспектов создания прибора для технологического контроля скорости и длины протяжённых изделий на основе лазерного доплеровского метода.

Структурная схема лазерного доплеровского измерителя скорости представлена на рис. 1. Ключевые компоненты схемы: источник когерентного оптического излучения (полупроводниковый лазер), призма-делитель оптического излучения, зеркало, собирающая линза, фотоприемник.

Структура оптической части ЛДИС приведена на рис. 2.

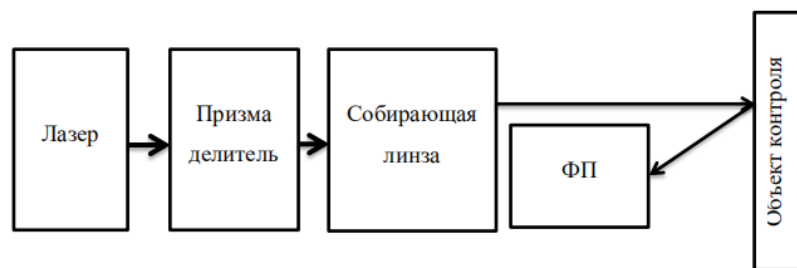


Рис. 1. Структурная схема лазерного доплеровского измерителя скорости

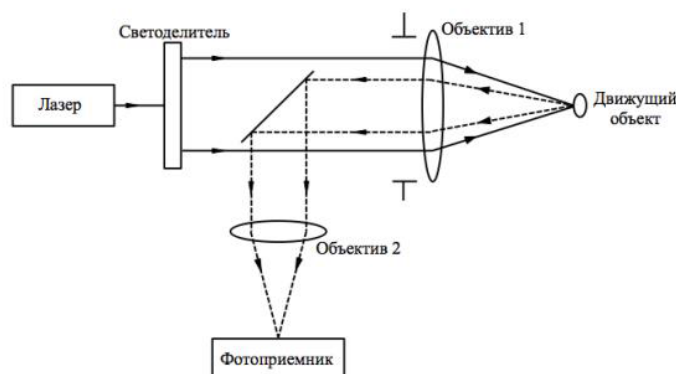


Рис. 2. Оптическая схема лазерного доплеровского измерителя скорости

После того, как лазерный луч входит в светоделитель, образуются два луча. Два лазерных луча фокусируются линзой 1 в области измерения. Они образуют интерференционную картину. Излучение, рассеянное неоднородностями на поверхности объекта, собирается объективом в пределах щелеобразной диафрагмы и после отражения от зеркала направляется объективом 2 на фотоприемник, где преобразуется в электрический сигнал, частота которого пропорциональна скорости движения объекта.

Все основные методы обработки доплеровского сигнала можно разделить на несколько основных групп: спектральный или корреляционный анализ, следящие фильтры-демодуляторы, корреляторы фотоотсчетов и др. В последнее время для промышленных приборов наибольшее распространение получили различные варианты счетно-импульсных процессоров, основанные на выделении переходов доплеровского сигнала через нулевое значение.

Моделирование зависимости доплеровской частоты от скорости движения объекта представлено на рис. 3.

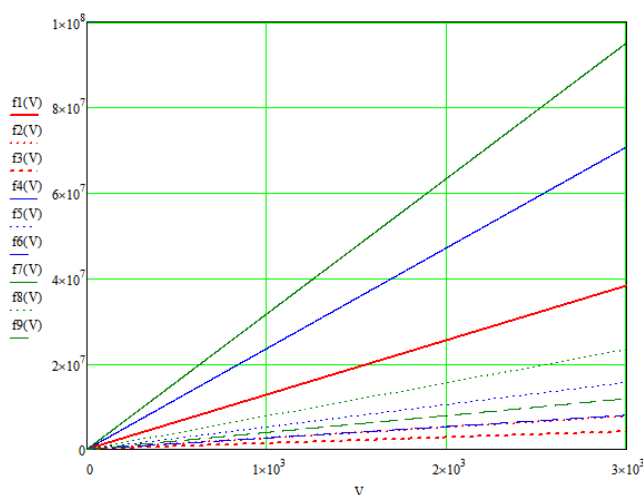


Рис. 3. Графики зависимости доплеровской частоты от скорости движения объекта

Необходимо отметить, что конструирование лазерного доплеровского измерителя скорости технологии в макетном исполнении явилось оптимальным вариантом решения поставленной задачи с позиций финансовой и ресурсной эффективности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосов И.В. Лазерный доплеровский анемометр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://optics.sgu.ru/\\_media/library/education/metod\\_doppler.pdf](http://optics.sgu.ru/_media/library/education/metod_doppler.pdf) (дата обращения: 12.09.2020).

2. Дубнищев Ю.Н., Шибяев А.А. Лазерный доплеровский измеритель скорости // Патентный поиск, поиск патентов на изобретения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/263/2638580.html> (дата обращения: 12.09.2020).
3. Лазерная доплеровская измерительная система для диагностики газожидкостных потоков ЛАД-056 // Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itp.nsc.ru/applied-exploit/lazernaya-doplerovskaya-izmeritelnaya-sistema-dlya-dagnostiki-gazozhidkostnich-potokov-lad-056> (дата обращения: 12.09.2020).

## ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

И.Б. Величкович, А.А Швейцер, Б.Б. Мойзес

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: mbb@tpu.ru

## VIBRATION PARAMETERS MEASUREMENT DURING PHYSICAL MODELING

I.B. Velichkovich, A.A SHvejtser, B.B. Moyzes

National Research Tomsk Polytechnic University

**Annotation.** *One of the subjects of vibration process research is the physical modeling of real objects using experimental stands. In this case, the target is to apply information-measuring systems for recording vibration parameters. The future efficiency of using the mobile diagnostic complex "Viroregistrator" of the special software and mathematical software "Vibroregistrator-M2" was shown in the article.*

В процессе проектирования новых механизмов и машин для прогнозирования значения будущих параметров применяется такой метод исследования, как моделирование. При этом активно развиваются два направления моделирования, дополняющие друг друга: математическое и физическое.

Целью математического моделирования является описание математическими зависимостями закономерностей функционирования исследуемого объекта. Суть физического моделирования заключается в создании испытательного стенда, имитирующего работу существующего или проектируемого объекта.

Известно, что работу любого технического объекта сопровождает процесс появления вибрации, который для большинства объектов является нежелательным. В связи с этим ведется большая работа по созданию новых виброустойчивых конструкций объектов [1], виброгашению и вибродемпфированию в имеющихся устройствах [2,3], выбору технологических параметров, позволяющих работать с меньшим уровнем вибрации [4].

Второе направление, связанное с изучением значений параметров вибрации, связано с технологическими машинами, возбуждающими «полезную» вибрацию. Примером могут стать вибрационные конвейеры, вибрационные прессы, установки для сейсмической разведки [5,6] и т.д.

Активно ведутся исследования в области определения собственных частот объектов [7,8].

Во всех направлениях, связанных с изучением вибрации, требуется проводить измерение виброперемещения, виброскорости либо виброускорения; вести расчет среднеквадратичного значения (СКЗ) данных параметров, определять значения частот колебаний и т.д. Таким образом актуально иметь мобильный информационно-измерительный комплекс с возможностью измерения параметров вибрации различных устройств, а также специальное программно-математическое обеспечение для обработки данных (СПМО).